

Method for compensating dimensional deviations of tool machines

Abstract

In a method for compensating dimensional deviations of NC or CNC tool machines, a sensor, e.g. a photo-electric assembly of laser beams with position-sensitive detectors detect values of dimensional deviations in dependency of the workpiece geometry. From these values, modified proceeding and feeding motions of the tool machine in all degrees of freedom are calculated. Finally, the exact target values of the workpiece geometry are determined on the basis of a superposition of the dimensional deviations detected by the sensor with the modified proceeding and feeding motions.

Claims

1. Method for compensating dimensional deviations of NC or CNC tool machines, characterized in that a sensor detects values of the dimensional deviations in dependency of the workpiece geometry, that modified proceeding and feeding motions of the tool machine in all degrees of freedom are calculated on the basis of said values and that the exact target values of the workpiece geometry are determined on the basis of a superposition of the dimensional deviations detected by the sensor with the modified proceeding and feeding motions.
2. Method of claim 1, characterized in that the modified proceeding and feeding motions are determined by correcting the target values output by the superordinate machine controller to the respective driving motion of the feed axis.
3. Method of claim 1, characterized in that the modified proceeding and feeding motions are determined by correcting the respective workpiece geometry values in the associated workpiece programme.
4. Method of claim 2, characterized in that a correction value is added to or subtracted from the target value of the superordinate machine controller.
5. Method of claim 1, characterized in that a photo-electric assembly of laser beams with position-sensitive detectors are used as a sensor.

THIS PAGE BLANK (USPTO)



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 40 28 006 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁵:
G 05 B 19/18
G 05 B 19/403
B 23 Q 15/00
G 01 B 11/02

⑳1 Aktenzeichen: P 40 28 006.3
㉔2 Anmeldetag: 4. 9. 90
㉔3 Offenlegungstag: 5. 3. 92

DE 40 28 006 A 1

㉔1 Anmelder:

Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, 8012
Ottobrunn, DE

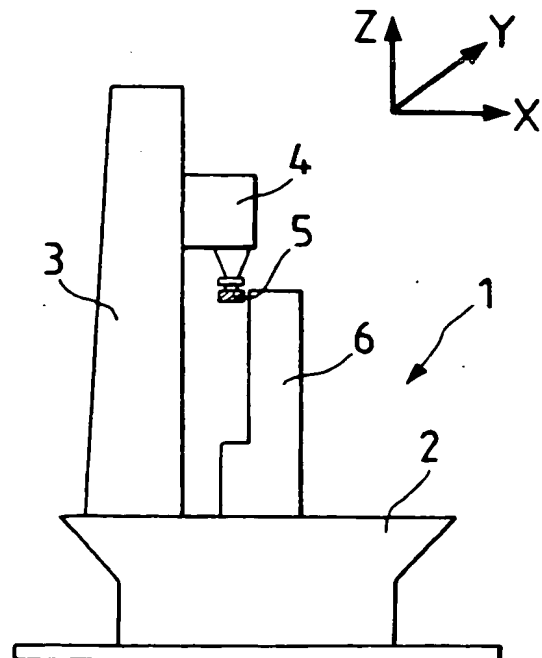
㉔2 Erfinder:

Schmid, Robert, 7312 Kirchheim, DE; Pfeiffer,
Walter, Dipl.-Ing., 7401 Pliezhausen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur Kompensation von maßlichen Abweichungen von Werkzeugmaschinen

⑤7 Bei einem Verfahren zur Kompensation von maßlichen Abweichungen von NC- oder CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen werden von einem Sensor, z. B. einer photoelektrischen Anordnung aus Laserstrahlen mit positionsempfindlichen Detektoren, Werte der maßlichen Abweichungen in Abhängigkeit von der Werkstückgeometrie ermittelt. Aus diesen Werten werden modifizierte Verfah- und Zustellbewegungen der Werkzeugmaschine in allen Freiheitsgraden errechnet. Schließlich werden aus einer Überlagerung von den von dem Sensor ermittelten maßlichen Abweichungen mit den modifizierten Verfah- und Zustellbewegungen die exakten Sollwerte der Werkstückgeometrie bestimmt.



DE 40 28 006 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Kompensation von maßlichen Abweichungen einer NC- oder CNC-gesteuerten Werkzeugmaschine.

Moderne Werkzeugmaschinen werden mit äußerster Präzision konstruiert und gefertigt, um mit Hilfe dieser Werkzeugmaschinen entsprechend genaue Teile produzieren zu können. Im Zuge der ständig wachsenden Genauigkeitsanforderungen für die zu fertigenden Teile steigen daher auch ständig die Anforderungen an die Maßhaltigkeit der Werkzeugmaschinen selbst. Hierbei sind neben der Anfangsgenauigkeit und -maßhaltigkeit der Werkzeugmaschine im fertigmontierten Zustand zunehmend auch maßliche Abweichungen zu berücksichtigen, die durch ungleichmäßige thermische Ausdehnung einzelner Maschinenteile, durch Einwirken von statischen und dynamischen Kräften, wie beispielsweise die Verformung des Maschinenbettes einer Drehmaschine unter den Einfluß von Gewicht- und Schnittkräften, entstehen.

Entsprechend dem Stand der Technik werden diese maßlichen Abweichungen durch konstruktive Maßnahmen minimiert. Insbesondere werden negativer Sturz und maximale Steifigkeit der geometriestimmenden Teile einer Werkzeugmaschine als konstruktive Gegenmaßnahme angewandt. Dies setzt jedoch aufwendige Berechnungen und Versuchsreihen voraus. Darüberhinaus sind verschiedentlich Lösungen bekannt geworden, die versuchen, das beschriebene Problem zu lösen.

Hierzu ist aus der DE-PS 36 33 573 bekannt, daß von einer zusätzlichen Abtasteinrichtung die temperaturbedingte Verlagerung nach Richtung und Betrag direkt an einer Maßverkörperung der Positionsmeßeinrichtung bestimmt wird. Diese Vorrichtung erfaßt somit nur Verlagerungen in Richtung der jeweiligen Meßachsen, also jeweils nur in einer Achse. Es wird die Kompensation der maßlichen Abweichung über eine Korrektur des Ist-Wertes im Lageregelkreis vorgenommen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, das eine Kompensation aller maßlichen Abweichungen an einer Werkzeugmaschine erlaubt und das nicht in die internen Maschinenregelkreise eingreift.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Der wesentliche Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die gesamten maßlichen Abweichungen in allen Freiheitsgeraden der Werkzeugmaschine ermittelt und die Zustellbewegung in den jeweiligen Achsen über einen entsprechenden Algorithmus kompensiert werden. Es wird also eine Korrektur der Soll-Werte der Werkstückgeometrie im Lageregelkreis vorgenommen.

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

Fig. 1 eine Ständerfräsmaschine mit einem Werkstück;

Fig. 2 eine Ständerfräsmaschine nach Anspruch 1 bei starker Erwärmung des Maschinenständers;

Fig. 3 das Werkstück nach Fig. 1;

Fig. 4 das Werkstück nach der Fig. 1 und 3 bei einer korrigierten Bearbeitung;

Fig. 5 eine Anordnung zur Erfassung der maßlichen Abweichung des Maschinenständers und

Fig. 6 ein Schema zur Korrektur der Sollwertvorga-

ben in den jeweiligen Antriebssteuerungen der Vorschubachsen einer Werkzeugmaschine.

In Fig. 1 ist eine Ständerfräsmaschine 1 dargestellt, die aus einem Werkstücktisch 2 und einem darauf angebrachten Ständer 3 besteht. An dem Ständer 3 ist eine verschiebbliche Arbeitsspindel 4 mit einem Werkzeug 5 angebracht. Auf dem Werkzeuggestisch 2 ist ein Werkstück 6 aufgesetzt. Die Verschiebung der Arbeitsspindel 4 erfolgt in üblicher Weise in der z-Achse. Das Werkstück 6 kann auf dem Werkstücktisch 2 in der x- und y-Achse verschoben werden.

Bei idealer Orthogonalität der drei Achsen x, y und z reichen zur Erstellung eines maßhaltigen Teiles auf der Maschine 1 Megmeßeinrichtungen entlang der drei Maschinenachsen aus. Tritt nun aber beispielsweise, bedingt durch ungleichmäßige thermische Erwärmung des Ständers 3, ein Verzug des Ständers 3 ein, so kann sich die Situation wie in Fig. 2 dargestellt ergeben. Eine Bearbeitung eines Teiles unter derartigen Bedingungen führt zwangsläufig zu einem mit einem entsprechenden Winkelfehler behafteten Werkstück 6a. Dieser Fehler ist, wie direkt ersichtlich ist, abhängig von der Teilegeometrie. Zur Korrektur dieses Fehlers ist vorgesehen, aus einer Messung der maßlichen Abweichung der Werkzeugmaschine Korrekturwerte für die Zustellbewegungen zu ermitteln, die dann entweder direkt in die Sollwertvorgabe der Vorschubachsen eingehen oder aber zur Erstellung eines modifizierten Werkstückprogrammes dienen.

Um ein korrigiertes Werkstück 6 mit einer Teilegeometrie gemäß Fig. 3, die derjenigen in Fig. 1 entspricht, zu erlangen, muß auf der Ständerfräsmaschine 1 mit den maßlichen Abweichungen des Ständers 3 entsprechend Fig. 2 die Teilegeometrie des Werkstückes entsprechend dem Werkstück 6b nach Fig. 4 modifiziert werden. Somit führt die Bearbeitung des Werkstückes 6a auf der Ständerfräsmaschine 1 nach Fig. 2 zu dem eigentlich gewünschten Werkstück 6 nach Fig. 3.

In Fig. 5 ist eine mögliche Anordnung zur Erfassung der maßlichen Abweichung des Maschinenständers 3 schematisch dargestellt. Hierbei werden vom Fußpunkt des Ständers 3 aus an der Rückseite senkrecht nach oben zwei parallele, hier nicht dargestellte Laserstrahlen gerichtet, die am oberen Ende des Ständers 3 auf zwei mit der Ständeroberseite verbundene, positionsempfindliche Detektoren 7 und 8 treffen. Tritt nun ein maßliches Abweichen des Ständers 3 mit jeweiligen Auslenkungen Δx_z , Δy_z aus seiner Sollage auf, so werden in den Detektoren 7 und 8 zugeordneten Meßachsen x_{M1} , y_{M1} , x_{M2} und y_{M2} proportionale Signale Δx_{M1} , Δy_{M1} , Δx_{M2} und Δy_{M2} erzeugt. Durch geeignete Verknüpfung dieser Signale läßt sich dann die Verlagerung Δx_z , Δy_z der z-Achse in der Höhe H der Detektoren ermitteln. Geht man von den Bezeichnungen nach Fig. 5 und einer allgemeinen Ständerverformung aus, die sich durch Drehung um die Maschinenkoordinatenachsen x, y und z beschreiben läßt, so ergibt sich für den Drehwinkel um die z-Achse

$$\tan(\Delta\varphi_z) = \frac{\Delta y_{M2} - \Delta y_{M1}}{\Delta x_{M1} - \Delta x_{M2} + D}$$

woraus sich die Verlagerung Δx_z , Δy_z der z-Achse in der Höhe H zu

$$\Delta x_z = 1/2 \cdot (\Delta x_{M1} + \Delta x_{M2}) - \sin(\Delta\varphi_z) \cdot A$$

$$\Delta y_z = 1/2 \cdot (\Delta y_{M1} + \Delta y_{M2}) + A \cdot [1 - \cos(\Delta\varphi_z)]$$

berechnen läßt.

Somit ist für jede Position z der Spindel 4 in Richtung der z -Achse ein Korrekturwert $\Delta x(z)$ und $\Delta y(z)$ in folgender Reihe angebbbar:

$$\Delta x(z) = \Delta x_z / H \cdot z$$

$$\Delta y(z) = \Delta y_z / H \cdot z$$

Dieser Korrekturwert kann entweder dazu verwendet werden, im Teileprogramm sämtliche Werte für x - bzw. y -Koordinaten zu ersetzen durch um $\Delta x(z)$ bzw. $\Delta y(z)$ korrigierte Werte

$$x_{\text{soll}} \rightarrow x + \Delta x(z)$$

$$y_{\text{soll}} \rightarrow y + \Delta y(z)$$

oder zur Korrektur der Sollwertvorgaben in den jeweiligen Antriebssteuerungen der Vorschubachsen, wie es in Fig. 6 schematisch dargestellt ist. Dabei ist für die x -Achse der Antriebssteuerung der Ständerfräsmaschine 1 dargestellt, wie ein Istwert 9 aus einer Regelstrecke 10 der Antriebssteuerung mit dem Korrekturwert $\Delta x(z)$ zum Wert x_{soll} für die korrigierte Sollwertvorgabe der Vorschubachse überlagert wird.

Diese Darstellung am Beispiel der Ständerfräsmaschine 1 soll nur exemplarisch ohne Einschränkung der Allgemeinheit den Erfindungsgedanken beschreiben. Es lassen sich darüberhinaus weitere maßliche Abweichungen von Werkzeugmaschinen aller Art mit dem vorliegenden Verfahren kompensieren.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kompensation von maßlichen Abweichungen von NCoder CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen, **dadurch gekennzeichnet**, daß von einem Sensor Werte der maßlichen Abweichungen in Abhängigkeit von der Werkstückgeometrie ermittelt werden, daß darauf aus diesen Werten modifizierte Verfah- und Zustellbewegungen der Werkzeugmaschine in allen Freiheitsgraden errechnet werden und aus einer Überlagerung von den von den Sensor ermittelten maßlichen Abweichungen mit den modifizierten Verfah- und Zustellbewegungen die exakten Sollwerte der Werkstückgeometrie bestimmt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die modifizierten Verfah- und Zustellbewegungen durch Korrektur der von der übergeordneten Maschinensteuerung an die jeweilige Antriebsbewegung der Vorschubachsen abgegebenen Sollwerte ermittelt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die modifizierten Verfah- und Zustellbewegungen durch Korrektur der entsprechenden Werkstückgeometriewerte im zugehörigen Werkstückprogramm ermittelt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum Sollwert der übergeordneten Maschinensteuerung ein Korrekturwert addiert oder subtrahiert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Sensor eine photoelektrische Anordnung aus Laserstrahlen mit positionsempfindlichen Detektoren verwendet wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

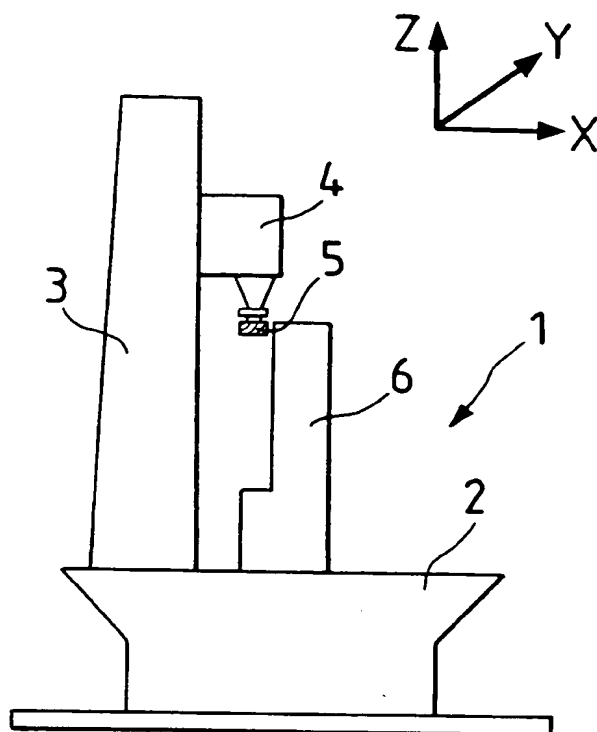


FIG. 1

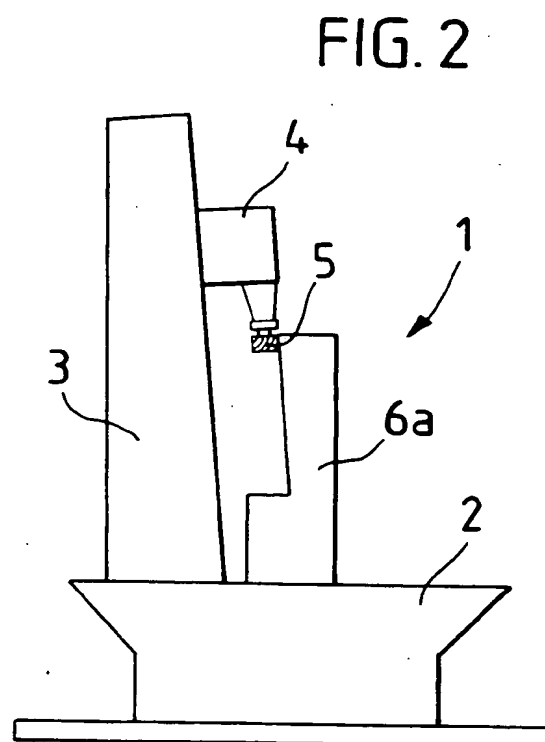


FIG. 2

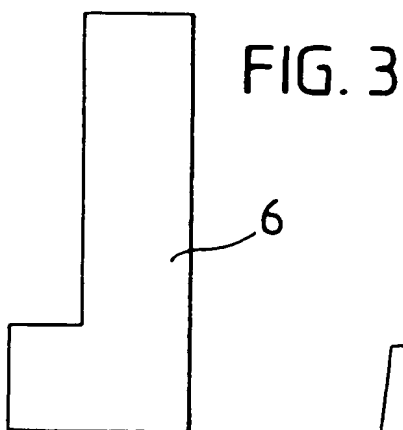


FIG. 3

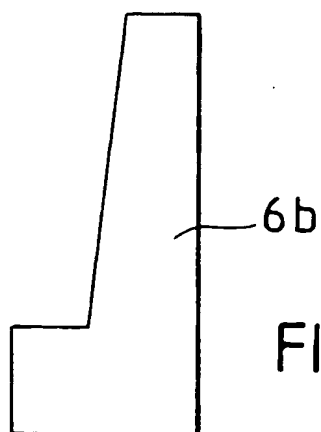


FIG. 4

FIG. 5

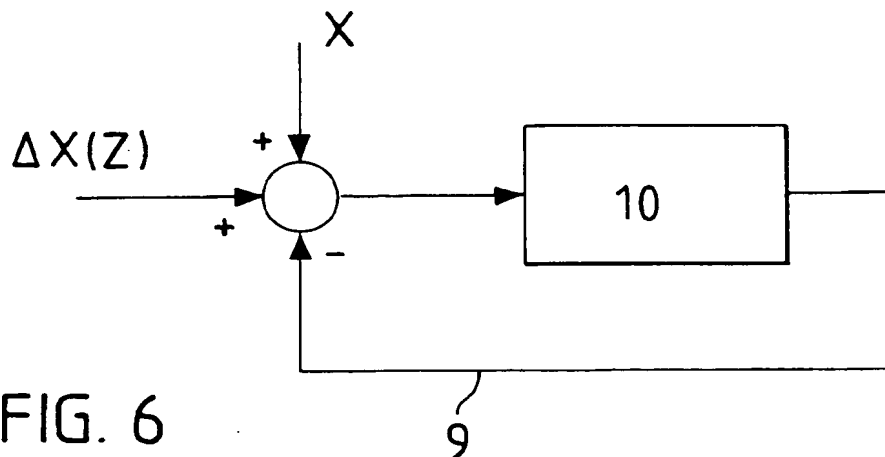
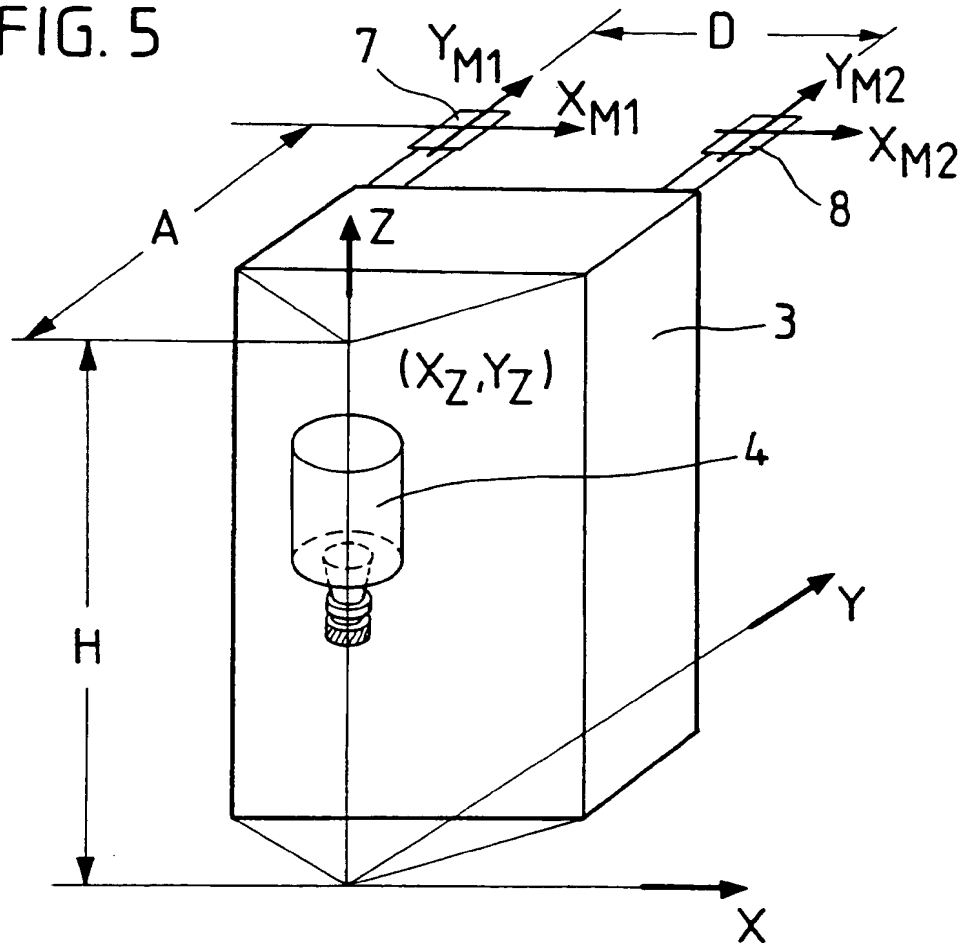


FIG. 6